2M

УДК 004.89, 004.93

К.В. Мурыгин
Институт проблем искусственного интеллекта МОН Украины и НАН Украины, г. Донецк
Украина, 83048, г. Донецк, ул. Артема, 118-б

Предварительная обработка кандидатов при обнаружении автомобильных номеров на изображениях

K.V. Murygin
Institute of Artificial Intelligence MES of Ukraine and NAS of Ukraine, c. Donetsk
Ukraine, 83048, c. Donetsk, Artema st., 118-b

Preliminary Processing of Candidates at Detection of Car Plates on Images

К.В. Муригін
Інститут проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України, м. Донецьк
Україна, 83048, м. Донецьк, вул. Артема, 118-б

Попередня обробка кандидатів при виявленні автомобільних номерів на зображеннях

Статья посвящена проблеме ускорения процесса поиска объектов на изображениях, основанного на использовании мультимасштабного сканирования. Для решения этой задачи предлагается использовать предварительную обработку кандидатов с использованием интегральных характеристик. Для задачи обнаружения автомобильных номерных знаков определен интегральный показатель, позволяющий исключить из дальнейшего рассмотрения до 60% кандидатов при нулевой ошибке пропуска объекта. Результаты проведенных экспериментов могут быть распространены на задачи поиска других объектов на изображениях при условии проведения дополнительных исследований по определению удовлетворительного интегрального показателя, что связано с различными свойствами изображений объектов поиска.
Ключевые слова: распознавание изображений, обнаружение объектов, анализ изображений, классификация изображений.

The article is devoted to a problem of acceleration of objects detection process on images based on multiscale scanning technique. For the solution of this task it is offered to use preliminary processing of candidates with use of integrated characteristics. For a problem of detection of automobile registration plates the integrated characteristic, allowing to exclude from further consideration up to 60% of candidates at a zero error of the object missing is defined. Results of the made experiments can be extended to problems of search of other objects on images on condition of carrying out additional researches on determination of a satisfactory integrated characteristic that is connected with various properties of images of detected objects.
Key Words: image recognition, object detection, image analysis, image classification.

Стаття присвячена проблемі прискорення процесу пошуку об’єктів на зображеннях, заснованого на використанні мультимасштабного сканування. Для вирішення цього завдання пропонується використати попередню обробку кандидатів з використанням інтегральних характеристик. Для задачі виявлення автомобільних номерних знаків визначений інтегральний показник, що дозволяє виключити з подальшого розгляду до 60% кандидатів при нульовій помилці пропуску об’єкта. Результати проведених експериментів можуть бути поширені на задачі пошуку інших об’єктів на зображеннях за умови проведення додаткових досліджень з визначення задовільного інтегрального показника, що пов’язано з різними властивостями зображень об’єктів пошуку.
Ключові слова: розпізнавання зображень, виявлення об’єктів, аналіз зображень, класифікація зображень.

Введение

Задача обнаружения объектов является актуальным направлением исследований в области создания автоматических систем анализа и распознавания изобра-жений. Как правило, интересующий объект (лицо, номерной знак, фигура человека) занимают небольшую часть всего изображения. Обнаружением в этом случае принято считать определение области присутствия объекта поиска как фрагмента изображения. Часто при такой постановке задачи требуется определить положение, масштаб и, иногда, угол поворота изображения объекта в плоскости изображения.

Одним из способов решения задачи обнаружения является использование мультимасштабного сканирования изображений, заключающегося в проходе по изображению сканирующими окнами разного масштаба [1]. Для каждого положения окна и масштаба выполняется анализ соответствующего фрагмента изображения, называемого кандидатом, с целью определения его принадлежности к объекту или фону. При использовании мультимасштабного сканирования существует несколько параметров, влияющих на скорость обработки изображения: диапазон масштабов поиска и шаг по масштабам, совместно определяющие количество масштабов сканирующих окон; горизонтальный и вертикальный шаги прохода по изображению; скорость классификации кандидата.

Для ускорения процесса классификации в большинстве случаев удается выполнить каскадную организацию классификаторов, целью которой является исключение большего количества кандидатов на начальных, более простых, классификаторах каскада. Для получения каскада классификаторов можно использовать объединения простых Хаар-подобных свойств, полученные на основе алгоритма AdaBoost [2-5], МКВ-классификаторов [6] и др.

С другой стороны, существует возможность выполнить предварительное исключение ложных кандидатов с использованием вычислительно более простых эвристических процедур перед применением каскада, что может значительно ускорить процесс мультимасштабного сканирования. В случае каскадной организации последующей классификации, такую предварительную обработку необходимо рассматривать как первый этап работы каскада, что позволит получить больший выигрыш в скорости сканирования изображения за счет исключения пересечений в результатах работы предварительной обработки и начальных классификаторов каскада.

Целью данной работы является исследование эффективности предварительной обработки кандидатов объекта при мультимасштабном сканировании в решении актуальной задачи обнаружения автомобильных номерных знаков.

Интегральные характеристики кандидатов

При мультимасштабном сканировании изображения кандидатами на принадлежность классу объекта являются прямоугольные пересекающиеся области изображения. С точки зрения скорости обработки для предварительного анализа кандидатов удобно использовать их интегральные характеристики. Под интегральными характеристиками здесь понимаются характеристики, значения которых могут быть получены с помощью интегрального изображения (рис. 1).

Размеры интегрального изображения равны размерам исходного изображения, а яркость пикселей Int(x,y) равна сумме яркостей пикселей исходного изображения, координаты которых меньше либо равны координатам (x,y), что соответствует закрашенной области на рис. 1:

$$\mathrm{Int}(x, y) = \sum_{i=0}^{x} \sum_{j=0}^{y} I(i, j).$$

Удобство использования интегрального изображения заключается в упрощении расчета суммы яркостей в прямоугольной области исходного изображения:

$$\sum_{i=x_0}^{x_1}\sum_{j=y_0}^{y_1} I(i,j) = \mathrm{Int}(x_1, y_1) + \mathrm{Int}(x_0 - 1, y_0 - 1) - \mathrm{Int}(x_0 - 1, y_1) - \mathrm{Int}(x_1, y_0 - 1)$$

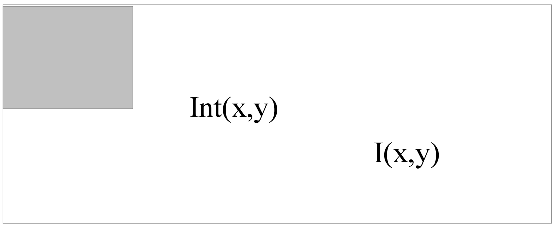


Рисунок 1 – Получение интегрального изображения

Использование серии интегральных изображений открывает возможности для получения широкого круга интегральных характеристик областей изображения, в частности:

– средняя яркость

$M = \frac{1}{N}\sum_{i=x_0}^{x_1}\sum_{j=y_0}^{y_1} I(i,j)$, где $N = (x_1 - x_0 + 1)\cdot(y_1 - y_0 + 1)$ – число пикселей в области;

– дисперсия яркости

$D = \frac{1}{N}\sum_{i=x_0}^{x_1}\sum_{j=y_0}^{y_1} I^2(i,j) - M^2$, для вычисления необходимо дополнительно рассчитать интегральное изображение квадратов яркостей исходного изображения;

– моменты яркости 3-го и выше порядков;

– горизонтальный и вертикальный центры масс яркости области

$$C_{hor} = \frac{\sum_{i=x_0}^{x_1}\sum_{j=y_0}^{y_1} iI(i,j)}{\sum_{i=x_0}^{x_1}\sum_{j=y_0}^{y_1} i},\quad C_{vert} = \frac{\sum_{i=x_0}^{x_1}\sum_{j=y_0}^{y_1} jI(i,j)}{\sum_{i=x_0}^{x_1}\sum_{j=y_0}^{y_1} j};\ \text{и т.д.}$$

Кроме исходных изображений для получения интегральных характеристик могут использоваться изображения границ, локально контрастированные изображения и другие, предварительно обработанные, изображения.

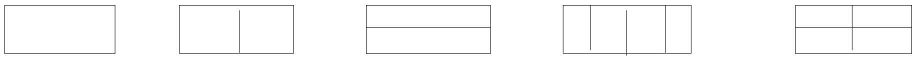
Другим направлением расширения возможностей использования интегральных характеристик является разбиение исходной области кандидата на подобласти. В этом случае появляется возможность использовать серию интегральных характеристик, в частности, в виде более сложного комплексного интегрального показателя, что позволит увеличить эффективность предварительной обработки кандидатов.

Результаты проведенных экспериментов

Для исследований качества предварительной обработки кандидатов была выбрана задача обнаружения на изображениях автомобильных номерных знаков. В экспериментах использовался набор из 30 000 изображений номерных знаков и 30 000 случайно выбранных изображений фона. Для формирования набора изображений фона из 3000 реальных изображений дорожной обстановки в ходе мультимасштабного сканирования случайным образом выбирались кандидаты.

Для оценки качества интегрального показателя использовался процент правильного исключения изображений фона (100% минус процент ложного обнаружения) при нулевом проценте пропуска номерного знака.

Для получения интегральных характеристик кандидатов использовалось только исходное полутоновое изображение и различные виды разбиения изображения кандидата на подобласти, как показано на рис. 2.



а) б) в) г) д)

Рисунок 2 – Используемые разбиения изображения кандидата на подобласти:
а) полное изображение кандидата; б) разбиение 2*1;
в) разбиение 1*2; г) разбиение 4*1; д) разбиение 2*2

Для каждого интегрального показателя с использованием тестовых наборов изображений номерного знака и фона рассчитывались плотности распределения значений показателя для объекта и фона, как показано на рис. 3.

На основе получаемых зависимостей рассчитывалась оценка качества исследуемого интегрального показателя.

Отделение областей фона и объекта выполнялось установкой порогов на значения показателя.

В качестве значений порогов выбирались левая и (или) правая граница полученных значений показателя для изображений объекта, что следует из необходимости нулевого процента пропуска автомобильных номеров.

В ходе проведенных экспериментов были получены результаты, приведенные в табл. 1.

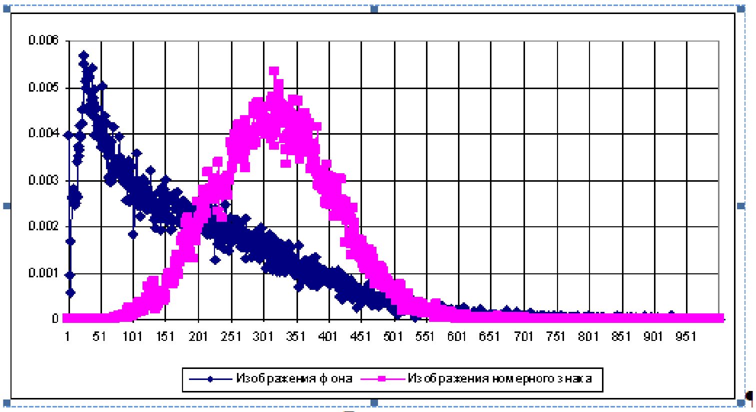


Рисунок 3 – Распределения значений показателя: отношение дисперсии к корню средней яркости, вычисленного для полного изображения кандидата

Как видно из полученных результатов, наилучшие качественные показатели показала интегральная характеристика, задаваемая выражениями:

$$\frac{\min(D_1, D_2, D_3, D_4)}{\sqrt{\max(M_1, M_2, M_3, M_4)}} \text{ и } \frac{\min(D_1, D_2)}{\sqrt{\max(M_1, M_2)}},$$

соответственно для разбиений д) и б) согласно рис. 2. При использовании горизонтального разбиения на две подобласти б) удается исключить из рассмотрения 43% изображений фона (12-я строка таблицы 1), вертикального в) – 35% фона (14-я строка табл. 1), что говорит о перспективности использования горизонтального разбиения изображения кандидата. При разбиении на четыре подобласти наилучшие результаты показало разбиение д) показавшее 60% качество исключения изображений фона (15-я строка табл. 1).

Таблица 1 – Результаты исследований эффективности интегральных характеристик

№	Вид характеристики	Вид разбиения согласно рис. 2	Тип порога	Процент правильного исключения изображений фона
1	Отношение дисперсии к средней яркости	а)	двусторонний	25
2	Дисперсия	а)	левый	17
3	Средняя яркость	а)	двусторонний	5
4	Отношение дисперсии к корню из средней яркости	а)	двусторонний	27
5	Произведение дисперсии на среднюю яркость	а)	левый	4
6	$D*(M)^{-0.25}$, где D – дисперсия яркости, M – средняя яркость	а)	левый	25
7	$\frac{D_1+D_2}{D}$, где D_1 и D_2 – дисперсии в областях разбиения	б)	левый	19
8	$\frac{\min(D_1,D_2)}{D}$	б)	левый	18
9	$\frac{\min(M_1,M_2)}{M}$, где M_1 и M_2 – средние яркости в областях разбиения	б)	левый	3
10	$\left(\frac{D_1}{M_1}+\frac{D_2}{M_2}\right)\frac{M}{D}$	б)	левый	17
11	$\frac{\min(D_1,D_2)}{\max(M_1,M_2)}$	б)	левый	27
12	$\frac{\min(D_1,D_2)}{\sqrt{\max(M_1,M_2)}}$	б)	левый	43
13	$\frac{\min(D_1,D_2)}{\sqrt{\max(M_1,M_2)}}\cdot\frac{D}{\sqrt{M}}$	б)	левый	36
14	$\frac{\min(D_1,D_2)}{\sqrt{\max(M_1,M_2)}}$	в)	левый	35
15	$\frac{\min(D_1,D_2,D_3,D_4)}{\sqrt{\max(M_1,M_2,M_3,M_4)}}$	д)	левый	60
16	$\frac{\min(D_1,D_2,D_3,D_4)}{\sqrt{\max(M_1,M_2,M_3,M_4)}}$	г)	левый	49

Выводы

Результаты проведенных исследований показали перспективность использования при мультимасштабном сканировании изображений с целью обнаружения объектов предварительной обработки кандидатов на основе интегральных характеристик. Для задачи обнаружения автомобильных номерных знаков определен интегральный показатель, позволяющий исключить из дальнейшего рассмотрения до 60% кандидатов при нулевой ошибке пропуска объекта. В случае каскадной организации после-

дующей классификации предварительную обработку необходимо рассматривать как первый этап работы каскада, что позволит получить больший выигрыш в скорости сканирования изображения за счет исключения пересечений в результатах работы предварительной обработки и начальных классификаторов каскада. Результаты проведенных экспериментов могут быть распространены на задачи поиска других объектов на изображениях при условии проведения дополнительных исследований по определению удовлетворительного интегрального показателя, что связано с различными свойствами изображений объектов поиска.

Литература

1. Мурыгин К.В. Обнаружение объектов на изображении на основе каскада классификаторов / К.В. Мурыгин // Искусственный интеллект. – 2007. – № 2. – С. 104-108.
2. Paul Viola. Robust real-time object detection / Paul Viola, Michael J. Jones // In Proc. of IEEE Workshop on Statistical and ComputationalTheories ofVision, 2001.
3. Bradski G. Learning-based computer vision with Intel's open source computer vision library / Bradski G., Kaehler A., Pisarevsky V. // Intel Technology Journal [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://develiper.intel.com/ technology/itj/index.htm.
4. Schapire, Boosting the margin: A new explanation for the effectiveness of voting methods / [Robert E., Freund Y., Bartlett P, Lee W.S.] // In Proc. Of the Fourteenth International Conference on Machine Learning, 1997.
5. Мурыгин К.В. Особенности реализации алгоритма AdaBoost для обнаружения объектов на изображениях / К.В. Мурыгин // Искусственный интеллект. – 2009. – № 3. – С. 573-581.
6. Мурыгин К.В. Комбинирование бинарных свойств в виде МКВ-классификатора / К.В. Мурыгин // Искусственный интеллект. – 2010. – № 1. – С. 108-113.

Literatura

1. Paul Viola. Robust real-time object detection / Paul Viola, Michael J. Jones // In Proc. of IEEE Workshop on Statistical and ComputationalTheories ofVision, 2001.
2. Bradski G. Learning-based computer vision with Intel's open source computer vision library / Bradski G., Kaehler A., Pisarevsky V. // Intel Technology Journal [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://develiper.intel.com/ technology/itj/index.htm.
3. Schapire, Boosting the margin: A new explanation for the effectiveness of voting methods / [Robert E., Freund Y., Bartlett P, Lee W.S.] // In Proc. Of the Fourteenth International Conference on Machine Learning, 1997.

RESUME

K.V. Murygin

Preliminary Processing of Candidates at Detection of Car Plates on Images

The article is devoted to accelerating of image searching in objects detection task based on the use of multi-scale scanning. For solving this problem is proposed to use the pretreatment candidates using the integral features. As integral characteristics it was used features that can be obtained using the integral image. The results of the made experiments showed the promise of use in multi-scale scanning images to detect objects of the proposed pre-treatment of candidates. For the problem of detection of license plates is obtained integral feature, which allows to exclude from further consideration of up to 60% of the candidates at the zero missing object error. In the case of a cascade organization further classification pre-treatment should be considered as the first stage of the cascade that will yield greater gains in speed image scanning by eliminating the intersections in the results of the pre-treatment and initial classification stage. The results of the experiments can be extended to the problem of finding other objects in the images provided additional research to determine a satisfactory integral feature, due to the different properties of detected object images.

Статья поступила в редакцию 02.04.2013.